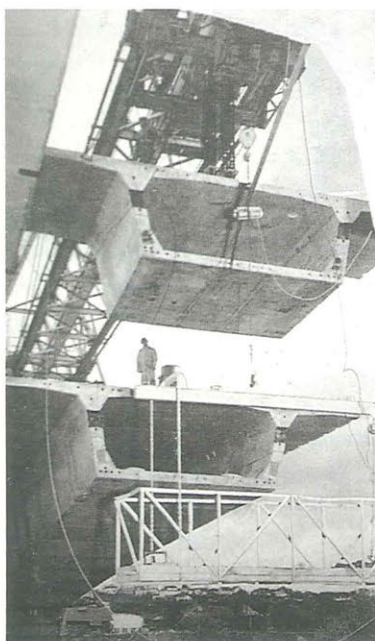


## Hormigón prefabricado y construcción en altura

La construcción con piezas prefabricadas de hormigón se relaciona de una manera inmediata y natural con las obras de ingeniería más cotidianas de nuestro mundo y sin embargo, a pesar de un comienzo muy prometedor, este sistema no se ha extendido de un modo habitual en la construcción arquitectónica. Ramón Araujo, profesor de la Escuela de Arquitectura de Madrid, analiza su idoneidad para la construcción en altura, la tipología arquitectónica más característica de este siglo.



Montaje del puente sobre el Loira en Blois, uno de los primeros puentes de dovelas en voladizo con adhesivo de contacto para el montaje.

**E**l hormigón prefabricado es un material con una naturaleza bien diferenciada del hormigón armado.

Su primer rasgo característico es ser un material producido en la industria en forma de elementos acabados. La consecuencia de su forma de producción es elevar considerablemente las magnitudes de todas sus características físicas (resistencia mecánica, acabado de la superficie, adherencia, resistencia a la corrosión, etc.) y acabar con el "nivel de incertidumbre" asociado al hormigón armado, al introducir el control de calidad y la precisión propios de la fabricación industrial.

Es un material fabricado por molde y capaz, en principio, de adoptar cualquier forma. La principal limitación, como en cualquier material moldeado, la establecemos nosotros al trazar un límite a la "amortización" del molde. Todo es posible pero no todo es razonable. Inevitablemente consideraremos toda forma en hormigón prefabricado como un sistema de piezas repetidas y/o variables a partir de un patrón.

La construcción prefabricada es inseparable de la invención del pretensado. Con él se superaba la principal limitación del hormigón armado (la fisuración), se daba entrada a los nuevos materiales (hormigones y aceros de alta resistencia) y, en definitiva, se ampliaba netamente sus posibilidades.

Por último, un rasgo fundamental del hormigón prefabricado es su discontinuidad. Frente al hormigón armado, una construcción prefabricada nunca será pieza única y la resolución de sus uniones será determinante para el comportamiento del sistema.

Básicamente el problema de la unión se ha abordado tradicionalmente con dos técnicas diferentes. La primera solución sería resolver cualquier montaje por simple apoyo. La técnica del hormigón prefabricado quedaría así limitada a construcciones muy elementales, casi triliticas, incorporando un sistema de estabilización del tipo que sea, ya que en general el nudo apoyado resulta en sistemas inestables.

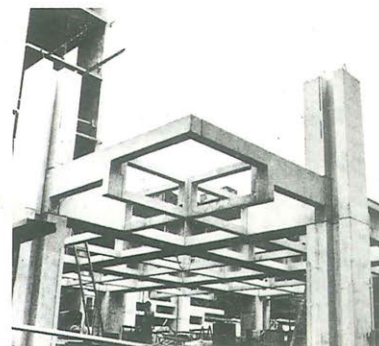
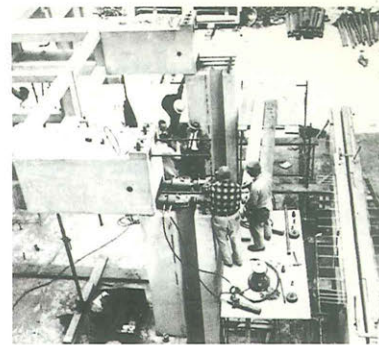
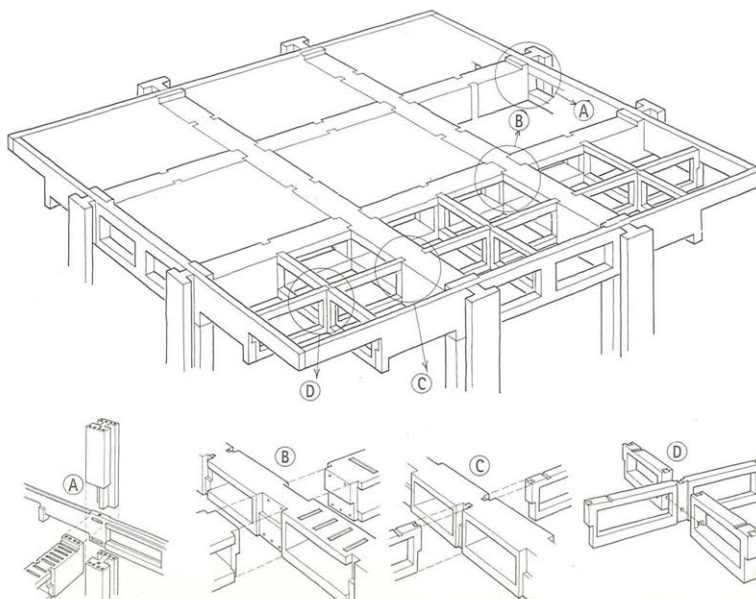
Por otro lado el montaje se ha tratado de resolver a través de uniones rígidas, procurando solidarizar durante el proceso de montaje piezas independientes. Los sistemas básicos que han resuelto este tipo de uniones han sido a base de placas metálicas soldadas o de reserva de zonas sin hormigonar, en donde se resuelven los solapes entre armaduras y se termina la junta con un hormigonado en obra. En general resultan soluciones heterogéneas y de complicada ejecución, sobre todo cuando las juntas trabajan en flexión.

La técnica que alteró drásticamente este estado de cosas fue el postensado como sistema de unión. Si el pretensado abre un nuevo campo en el diseño de piezas, el postensado





Louis Kahn,  
A. Komendant,  
laboratorios Richard,  
Universidad de  
Pennsylvania,  
Filadelfia, 1961.  
El forjado se resuelve  
postensando  
elementos de menor  
escala capaces de  
trabajar en dos  
direcciones.



permite concepciones absolutamente nuevas al permitir construir piezas continuas uniendo elementos prefabricados de menor tamaño, y aportando nuevas concepciones en los procesos de ejecución y montaje.

En realidad, la evolución de la técnica del hormigón prefabricado pertenece por derecho propio a la ingeniería, y especialmente a la historia del puente, que cuenta con obras pretensadas desde los años veinte: los puentes de Dischinger son los primeros tensados (1928) y los de Freyssinet sobre el Marne ya son pretensados y de piezas prefabricadas (1941). Desde entonces la prefabricación del puente es una historia imparable de novedades, de la que es un claro ejemplo el desarrollo de los sistemas de dovelas montados en voladizo.

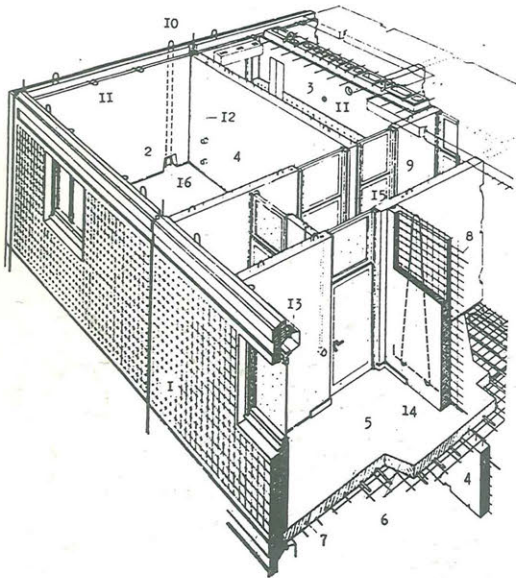
El nuevo material revolucionó la construcción de puentes, hasta el punto de que sin él no hubiera sido posible la red de carreteras que hoy caracteriza al primer mundo.

El alcance de la técnica es impresionante. Por un lado, ha permitido desarrollar un conjunto de soluciones-tipo, fabricadas en serie, con las que el puente sobre la autopista ha dejado de ser un esfuerzo excepcional para convertirse en un problema casi rutinario. Por otro lado, es capaz de enfrentar los más complejos problemas de trazado y condiciones de ejecución. Basta pensar en los puentes prefabricados con los que a diario nos encontramos para entender hasta qué pun-

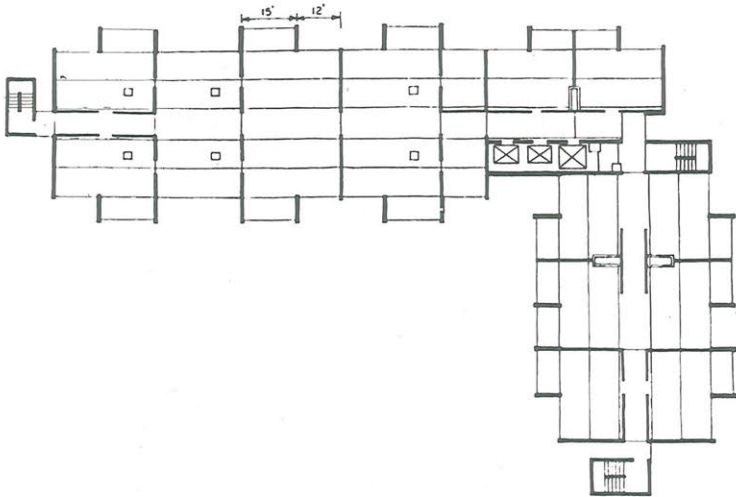


Los sistemas murales de hormigón prefabricado han demostrado que son capaces de dar respuesta a las necesidades de la vivienda en altura y que lo elemental y masivo del sistema es más una virtud que un inconveniente.

Charles Luckman,  
viviendas para  
estudiantes de la  
Universidad de  
Delaware, 1973,  
empleando la patente  
Bison: muros  
portantes  
transversales que  
permiten fachadas  
abiertas y un plano  
diáfano.



Sistema Balency  
(1954), uno de los  
clásicos entre los  
sistemas de muros  
destinado a la  
construcción masiva  
de viviendas  
económicas, en las  
que los niveles de  
calidad y las  
prestaciones  
funcionales eran muy  
limitados.



to esta técnica ha contribuido a transformar nuestro mundo.

En arquitectura las cosas son más complicadas, y no está tan claro cuál puede ser el alcance del nuevo material. La cuestión es analizar si realmente es una técnica que nos permite resolver nuestros problemas, o más exactamente, resolver los tipos arquitectónicos que requiere la sociedad contemporánea.

Vamos a recordar algunas realizaciones del nuevo material en arquitectura, analizando qué nuevas soluciones ha producido en los tipos arquitectónicos en altura: el “edificio de bandejas”, que es en cierto sentido nuestro “problema tipo”, como el salto sobre la autopista lo es para los ingenieros.

**Sistemas murales**

La historia del hormigón prefabricado en arquitectura tiene su primer gran desarrollo, y el más conocido, en los sistemas de prefabricación de viviendas. Ya que prefabricar significaba abaratar y mejorar la calidad, el intento parecía inmediato.

Como las casas tienen muchas paredes, muchos pensaron que el hormigón prefabricado se prestaría mejor a construir edificios con muros de carga; esto parece lógico ya que además el esqueleto de pequeñas luces no encontraba soluciones sencillas.

Las propiedades del hormigón se prestan muy bien a la idea de una construcción muraria: es un material

barato para una construcción masiva y con inercia. Por otro lado, el problema de las uniones deja de ser relevante, ya que en un sistema mural la estabilidad se logra fácilmente cambiando de vez en cuando la dirección de los muros.

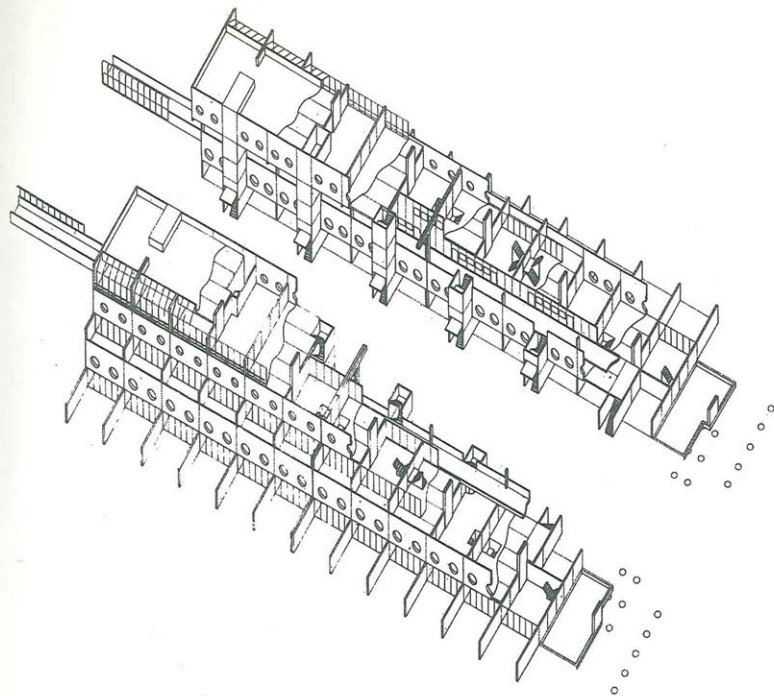
Eso sí, de este modo se pierden casi todas las ventajas que la solución de esqueleto había aportado.

El problema de la construcción con muros ha sido que se buscaba un sistema de costo mínimo y por lo tanto de equivalentes prestaciones. La gran mayoría de los sistemas de patentes vienen determinadas por la competencia económica (pensemos que estos sistemas han reconstruido la Europa de la posguerra y han sido el instrumento fundamental del crecimiento de las capitales europeas) y en general se han caracterizado por las drásticas limitaciones de sus luces, planteándose generalmente sistemas en los que todas las divisiones son resistentes. Por otro lado la necesidad de muros longitudinales se asoció en estas soluciones con fachadas resueltas como muros de carga. La economía del sistema, por otro lado, requería fabricaciones con bajísimos niveles de calidad que recrudecían las tareas artesanales de acabado.

En definitiva la construcción con muros se ha asociado generalmente a edificaciones celulares de mínimas prestaciones y bajos niveles de calidad.

Pero un sistema de muros no tiene necesariamente estas característi-





cas. De hecho, muchas soluciones interesantes de vivienda, la mayoría en los países nórdicos o en los Estados Unidos, se alejan de estas concepciones un tanto primitivas, atendiendo a las nuevas prestaciones que el material hace posible. Sirvan como ejemplos las viviendas de Stirling en Runcorn —donde sólo son muros portantes los divisorios entre viviendas y se resuelven íntegramente acristalados los cerramientos de las estancias— o las viviendas para estudiantes diseñadas por Charles Luckman —un edificio de 16 plantas de altura resuelto con luces de 9 metros sobre muros portantes transversales, coincidentes también con las divisorias entre viviendas, y mínimos sistemas de estabilización longitudinales formando núcleos resistentes, de modo que resultan unas viviendas con las fachadas abiertas y un plano diáfano—.

Los sistemas murales de hormigón prefabricado han demostrado a través de éstas y otras realizaciones que pueden ofrecer una solución adecuada a la construcción de viviendas, resultando estructuras muy compatibles con las necesidades de la vivienda en altura. Por otro lado el inconveniente del peso —característica intrínseca del hormigón— puede ser en la construcción de viviendas una virtud, oponiendo las ventajas de una construcción masiva y elemental a los inconvenientes de la construcción ligera y especializada.

Pero no ha sido ésta la solución escogida para solucionar la vivienda en altura, o lo ha sido sólo excepcionalmente. Desde los años cuarenta hasta hoy la construcción de viviendas está en realidad en manos de sistemas de patentes de mínimas prestaciones, que evolucionan al margen de los diseños de los arquitectos. Sistemas que es previsible colonicen nuestro país en los próximos años.

### El armazón prefabricado

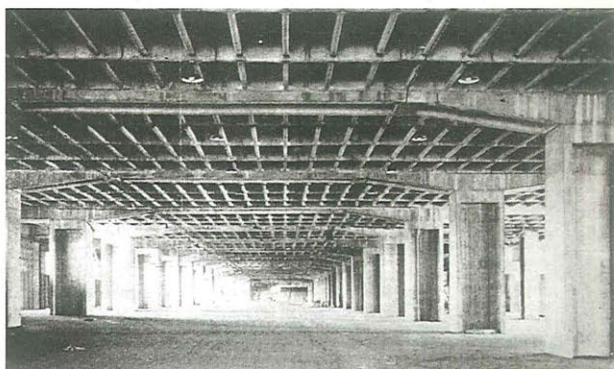
Aparte de esta particular asociación de la prefabricación con la construcción mural, el hormigón prefabricado se propone como meta más genérica la construcción con esqueleto independiente, planteándose sustituir al hormigón armado y los inconvenientes que derivan de su ejecución artesanal. En principio parece inmediata la idea de prefabricar piezas lineales (pilares, vigas y elementos de forjado), pero aparece el problema de la unión.

Numerosas patentes han recorrido un largo camino intentando desarrollar un armazón estable por sí solo, sistemas que no acaban de funcionar ya que los mecanismos para establecer la continuidad son complicados. Sin embargo, con esta técnica, aplicada principalmente en centroeuropa, se ha llevado a cabo muchas de las realizaciones que hoy nos asombran.

Otra solución es convertir el armazón en un sistema discontinuo de elementos apoyados, sistema que reque-

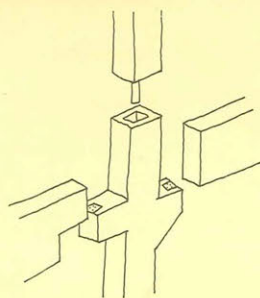


James Stirling,  
viviendas en Runcorn,  
1976. Sólo son  
muros portantes los  
divisivos entre  
viviendas.

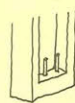


Almacenes en el  
Havre con diferentes  
tipos de uniones  
rígidas entre viga y  
pilar, por empalme de  
armaduras y  
hormigonando el  
nudo o por  
soldadura. Un  
ejemplo en la  
búsqueda del  
armazón estable por  
sí mismo.

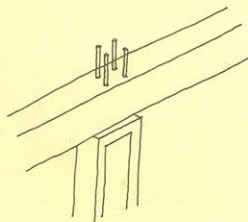




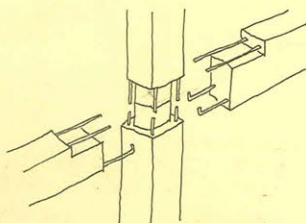
①



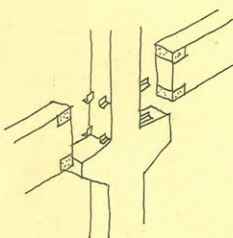
②



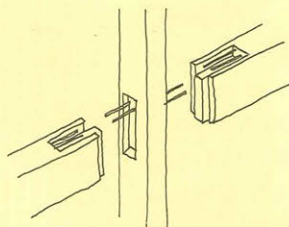
③



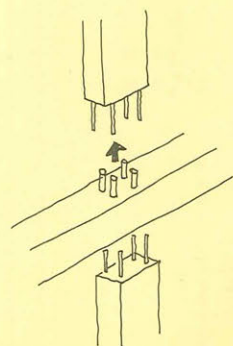
④



⑤

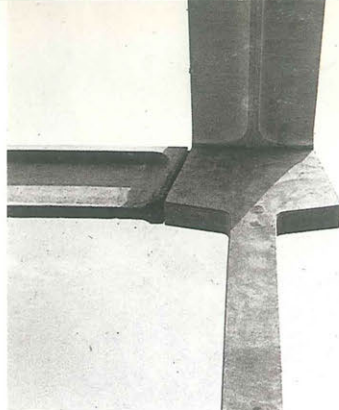


⑥



#### TIPOS DE UNIONES EN SISTEMAS PORTICADOS.

1. Las uniones más sencillas son los apoyos sobre cartelas. Los soportes se enlazan con elementos metálicos de centrado. El asiento se regulariza con morteros de nivelación o chapas metálicas.
2. Con tornillos y pernos pueden resultar uniones más limpias y ciertos grados de empotramiento.
3. Para hacer la unión resistente a momentos flectores, una solución es hormigonar el nudo, resolviendo la continuidad de armaduras con manguitos o soldadura. El empalme entre vigas y soportes no tiene que producirse necesariamente en el mismo nudo.
4. También pueden resultar uniones resistentes a momentos flectores por soldadura entre casquillos.
5. La unión puede llegar a escamotear todos sus mecanismos de enlace, cajeando las zonas de apoyo y solape de armaduras.
6. En las uniones postensadas, el único mecanismo de unión es el sistema de fuerzas introducido, que se traduce en compresión y rozamiento entre piezas. Los empalmes de armaduras, realizados después de cada operación de tensado, se resuelven con manguitos roscados.



Detalle y axonometría de un edificio industrial en Milán, 1964, de Angelo Mangiarotti.

Mangiarotti consigue con piezas pretensadas de hormigón prefabricado longitudes impensables en hormigón armado, así como elementos de sección compleja capaces de resolver el apoyo y drenaje.



rirá un segundo sistema estructural estabilizador del conjunto en las construcciones en altura. A partir de las técnicas por simple apoyo se han logrado grandes soluciones para la construcción adintelada. Un conjunto brillante lo constituyen los sistemas para naves diseñados por Angelo Mangiarotti en los años sesenta. El proyecto se basa en un sistema de uniones simplemente apoyadas, desarrollándose una sola planta de altura (que por tanto resulta estabilizado simplemente por su propio peso y empotramiento de los soportes en el terreno) pero en él se incorporan dos aportaciones muy importantes. La primera fue la de conseguir con el nuevo material una nueva escala en la fabricación de piezas. El hormigón prefabricado en piezas lineales pretensadas elevaría netamente los rangos de longitudes del hormigón armado, permitiendo naves de vigas con unas luces hasta entonces sólo posibles en acero.

La segunda aportación de Mangiarotti se relaciona con el diseño de piezas: la fabricación por moldeo permite piezas de perfil variable y sección compleja, capaces de resolver elegantes apoyos, incorporando en las secciones sistemas de desagüe, huecos para canalizaciones, etc., de forma que con la prefabricación el hormigón recupera esa "adecuoresistencia" que no pudo sobrevivir a la racionalización del encofrado.

La generalización de este tipo de diseños a la construcción en altura

conserva muchos de sus principios, aunque como ya se ha apuntado el problema radica en la necesidad de incorporar nuevos elementos de estabilización.

Un primer grupo de soluciones se basan en la prefabricación de un armazón regular de soportes, vigas y losas con pequeñas luces y sencillas soluciones de apoyo tipificadas. Son muchas las experiencias notables en esta línea, correspondiendo las mejores realizaciones a aquellos edificios que asumen plenamente la condición de montaje por apoyo y estabilización independiente. Las viviendas de Otto Steidler y los edificios de Herman Hertzberger coincidirían en su espléndida integridad entre organización espacial y sistema constructivo, ambos caracterizados por su crecimiento por repetición de una célula tipo.

La solución de Steidler es muy sencilla: sobre un armazón de serie, expuesto casi como una queja, la casa se mueve libremente con sencillos elementos industriales.

El asilo de ancianos de Amsterdam o el Ministerio de Asuntos Sociales de La Haya de Hertzberger aportan una hermosa y eficaz fórmula al espacio agregativo: un armazón elemental de piezas tipo con sus propias leyes combinatorias, un sistema de núcleos que estabiliza el sistema y organiza las circulaciones y un mecano de elementos ligeros para los cerramientos y divisiones.



Conferir estabilidad es el problema clave en los edificios en altura con armazón prefabricado, que se soluciona en el diseño de la unión del nudo o utilizando un sistema auxiliar de rigidización.



### Nuevos tipos arquitectónicos

Hasta aquí el hormigón prefabricado se está aplicando a resolver formas nacidas con otros materiales: muros y sistemas de armazón. Pero la arquitectura de hormigón prefabricado tiene características con capacidad suficiente para encontrar sus propias soluciones de las que resulten nuevos tipos arquitectónicos.

En primer lugar está el cambio de escala que la nueva técnica permiten, investigando las posibilidades de las piezas pretensadas de grandes luces: a medida que el edificio crece en altura, los soportes pueden además perder su carácter puntual y actuar simultáneamente como elementos de estabilización. Muchos edificios interesantes se realizan en Estados Unidos en torno a esta idea: La patente Mah-Le Messurier o el Centro de Investigaciones de Sert y Jackson en Harvard se caracterizan por la sustitución de los soportes por elementos en cajón (núcleos rígidos) o en formas compuestas que garantizan la estabilización del sistema, resultando un nuevo tipo de construcción en altura (grandes luces -18 metros en los laboratorios de Sert- y soportes no puntuales).

Al mismo tiempo, estas piezas por su envergadura pueden concebirse como "elementos servidores": por sus dimensiones y presencia en la organización de la forma pueden asociarse a los sistemas de circulaciones o de distribución de instalaciones. Por ejem-

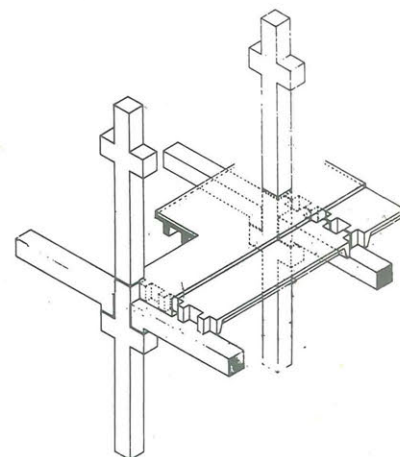
plo, las vigas y soportes de Mangiarotti eran también sistemas de drenaje. Pero este proceso de integración de funciones en los propios elementos resistentes llegará mucho más lejos: la organización por núcleos y grandes canales en los forjados resulta en una identidad estructura-instalaciones completamente nueva, en una arquitectura que se va identificando con la jerarquía de espacios servidores y servidos y con las formas creadas por agregación de elementos tipo.

Las nuevas soluciones en altura nacerán también de los tipos estructurales que resultan de las nuevas técnicas de unión: el postensado y la construcción de encofrado perdido.

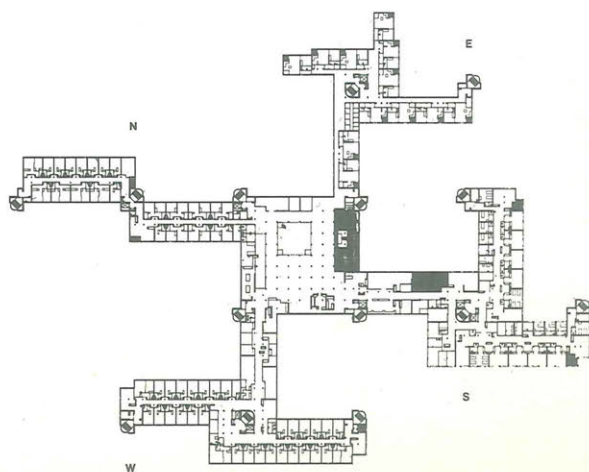
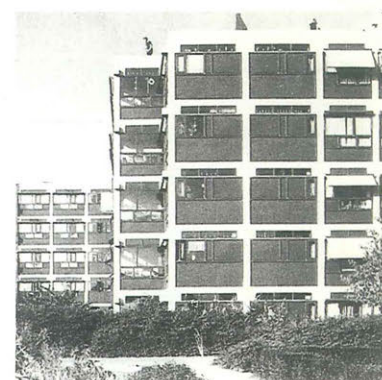
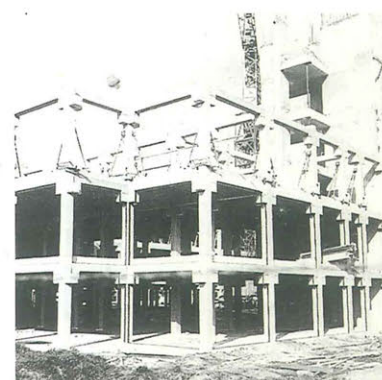
La idea de la solución de pocas y grandes piezas estructurales se aviene bien con su montaje por tensado, lo cual permite además rigidizar los nudos. Ya la patente que hemos visto de Mah-Le Messurier resolvía el montaje por tensado, y son muchos los edificios que han recurrido a esta técnica. Una realización americana notable, quizás la más clara para expresar el alcance de la solución, sean las oficinas de Harrel-Hamilton en Dallas. La organización de núcleo y pared estructural se resuelve con cuatro soportes en ángulo y las grandes jácenas que los enlazan. Toda esta "fachada resistente" se monta a través del tensado sucesivo de soportes y jácenas.

Una característica común a casi toda la arquitectura que hemos comen-

Otto Steidler, viviendas en Munich, 1974. El armazón se monta con sencillos elementos apoyados que se estabilizan de modo independiente.



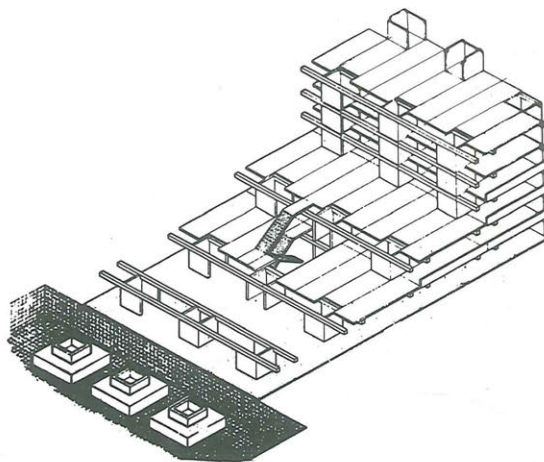
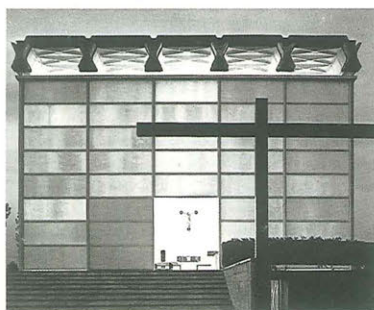
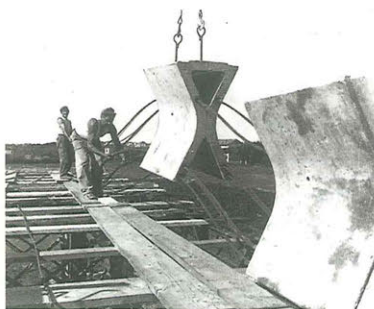
Herman Hertzberger, residencia de ancianos en Amsterdam, 1974. Arriba, esquema de montaje de las piezas tipo que integran la estructura. Como se aprecia en las fotografías, la estructura queda patente en todas las fases de la obra. Es un magnífico ejemplo de espacio agregativo que se produce por repetición de una célula tipo.







Angelo Mangiarotti,  
iglesia Mater  
Misericordia,  
Baranzate, Milán,  
1957. De arriba a  
abajo, interior,  
montaje de la  
cubierta postensando  
una dovela tipo para  
formar los nervios  
longitudinales, la  
estructura de  
cubierta ya terminada  
y la obra finalizada.



Sistema Mah-Le  
Messurier, Luther  
Towers, 1970. Se  
sustituyen los  
soportes por cajones  
en U que dan rigidez  
al sistema estructural  
y se aprovechan para  
incluir en ellos los  
cuartos de baño de las  
viviendas y conductos  
de instalaciones.

tado es que su construcción está resuelta mediante superposición de piezas lineales, descomponiendo la superficie en elementos independientes. Evidentemente se ha dejado de lado la posibilidad de diseñar sistemas más complejos, más arquitectónicos en cierto sentido.

Entre las obras de Mangiarotti, hay dos particularmente hermosas: el almacén de Mestre y la Iglesia de Baranzate. El primero es una placa nervada apoyada en cuatro soportes, montada a base de piezas lineales que se unen entre sí a través de un postensado transversal. La segunda es similar, pero se resuelve postensando una dovela tipo para formar los nervios longitudinales. Nos encontramos con nuevos temas: la construcción de sistemas planos prefabricados capaces de trabajar en dos direcciones, y el montaje de superficies a través de elementos de menor escala. Ambos son familiares a los constructores de puentes.

Tales sistemas se han aplicado a la construcción de forjados, y un ejemplo conocido son los Laboratorios Richard de Louis Kahn, donde resulta característico la complejidad de las piezas y su montaje postensado en ambas direcciones. Hermosas excepciones que parecen chocar con el empeño industrial en fabricar piezas "universales" (casi un catálogo de secciones en T) o con la incapacidad de los arquitectos para interesarse por la experimentación técnica.

La idea del encofrado de paneles prefabricados ha tenido grandes aplicaciones en la solución de la pared exterior, desde que ésta se empieza a concebir como un complejo parasol en oposición al simple muro cortina: la Unidad de Habitación de Marsella es quizás la primera aplicación de la idea (los paneles de fachada se reciben hormigonando su trasdós).

No nos interesan mucho aquí las diferentes soluciones de fachada que, considerada como un elemento independiente, han nacido de esta idea. Muchas de ellas además han resultado en soluciones un poco tontas, empuñadas en todo tipo de epidermis escultóricas que, como todas las operaciones sin mucho fondo, gustaron bastante durante unos días.

Más interesante es el potencial del sistema para lograr un tipo estructural tan reconocible como la Banca Lambert, construida por Gordon Bunshaft de SOM en 1965, que suma a las experiencias comentadas una hermosa intuición: la celosía resistente. La solución de Le Corbusier al parasol les resultaba a los arquitectos americanos incomprensible (es una simple cuestión de economía material) y como alternativa proponían trasladar la estructura al exterior del edificio: en la Banca Lambert el perímetro estructural de piezas prefabricadas actuaba como parasol. La idea era prefabricar un enrejado, resolviendo las uniones no en los cruces de pilares y vigas sino en sus puntos me-



El hormigón prefabricado con piezas pretensadas de grandes luces y el empleo de técnicas de postensado en las uniones ha generado nuevas soluciones estructurales y, por extensión, nuevos tipos arquitectónicos.

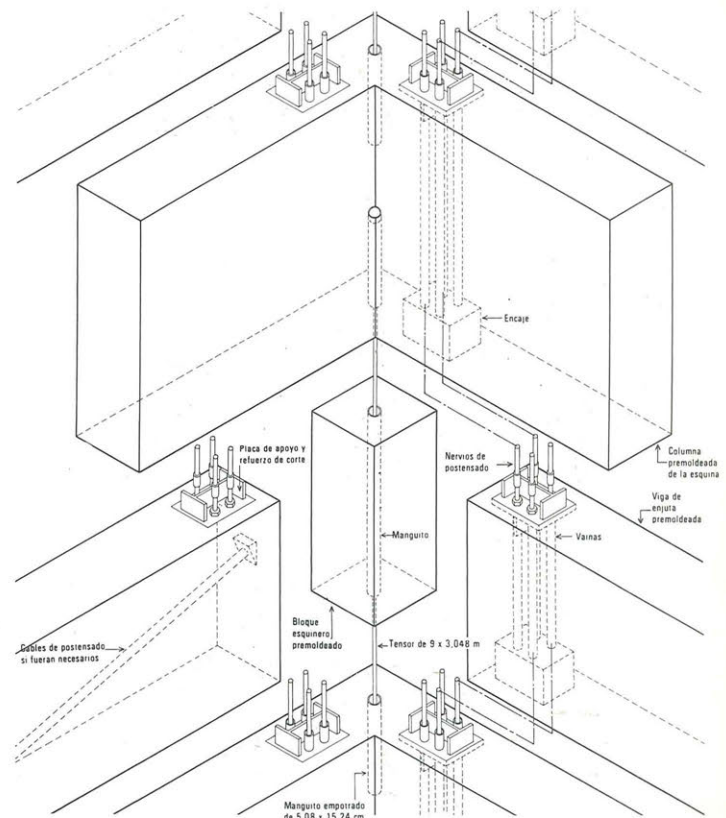


Harrel-Hamilton y Omniplan, centro bancario en Richardson, Dallas, 1974. La fachada resistente se monta a través del tensado sucesivo de las jácenas y de los soportes de las esquinas. A la derecha, axonometría con esquema de uniones entre las piezas.

dios de forma que resultaba un sistema articulado, de uniones elementales, pero estable. Todas estas piezas prefabricadas se empleaban como encofrado perdido en el apoyo de las losas de forjado.

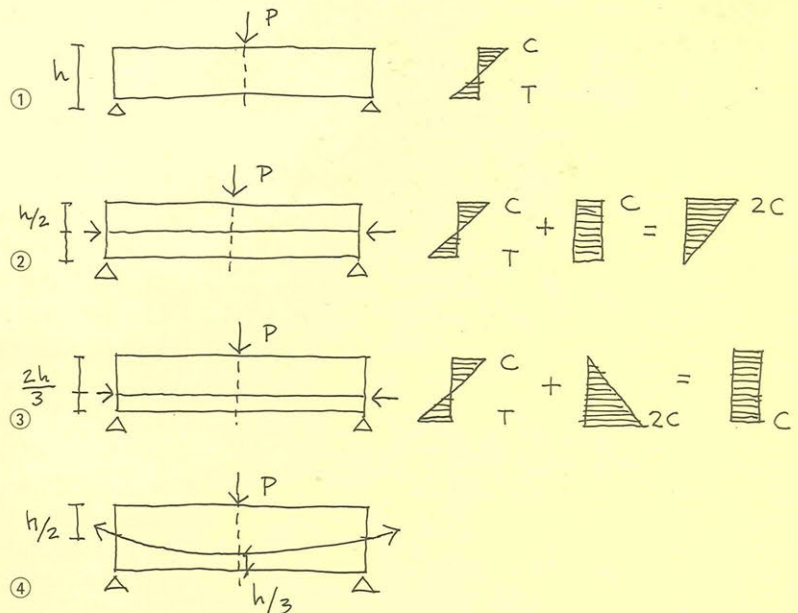
Nervi desarrolló una solución para construir grandes superficies en la que basaría casi toda su obra: prefabricar los moldes y hormigonar sobre ellos. Con esta idea, resolvería la superficie de doble curvatura con diferentes formas y rangos de luces, diseñando el tipo de pieza que la prefabricación siempre ha parecido requerir: secciones complejas que le permitieran resolver su acoplamiento, alojar los nervios de acero y el hormigón vertido e incorporar la impulsión de aire. En el edificio Australia Square esta solución se aplica a la construcción de un sistema de soportes y losas, resultando una estructura continua, de comportamiento monolítico en sus planos horizontales, montada a base de elementos prefabricados y con una imponente expresión plástica de su sistema de nervaduras.

Nervi es casi el paralelo de Freyssinet, de hecho los hangares de Orvieto son contemporáneos a los puentes sobre el Marne. Pero el puente prefabricado es hoy una realidad, ha cumplido su ciclo vital mientras Nervi y tanta arquitectura del hormigón prefabricado —a pesar de haber creado soluciones técnicas que abrían nuevos caminos—, parece una historia olvidada.



#### PRINCIPIOS ESTRUCTURALES DEL TENSADO DE PIEZAS

1. En una viga de hormigón armado la distribución de tensiones es triangular, con máximos en el centro del vano. El material sólo se agota en las fibras comprimidas extremas y la capacidad de la pieza está limitada por la fisuración del hormigón en las fibras traccionadas.



2. Tensando en el eje neutro creamos un estado de compresiones tal que, sumado al sistema de tensiones anterior, resulta que en el centro del vano toda la sección está comprimida, con una distribución triangular

de tensiones.

3. Desplazando el eje de tendido introducimos un estado de compresiones

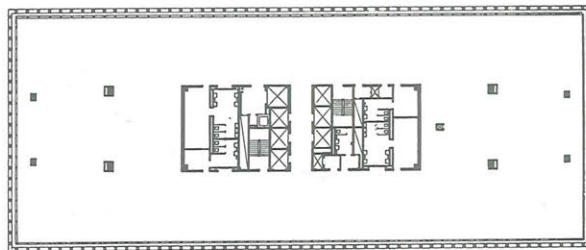
variable, que al sumarse con el sistema de tensiones inicial resulta en una compresión uniforme sobre la sección en el

centro del vano. 4. Un tendón variable a lo largo de la pieza, en función del estado de cargas, resultará en la generalización de lo anterior para todas las secciones de la pieza. El resultado es que agotamos todo el hormigón en compresión.

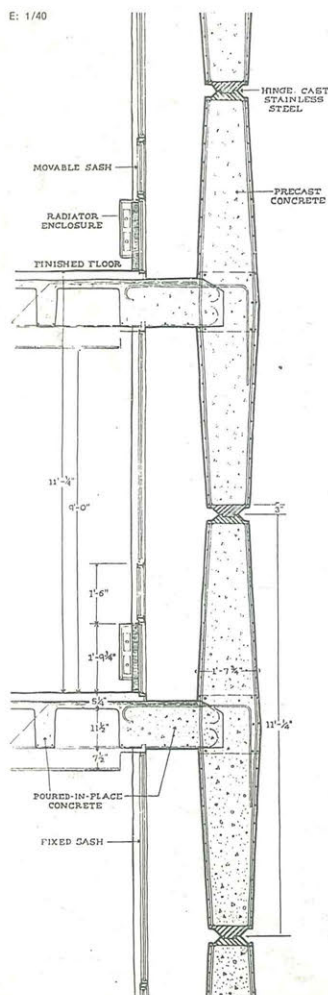




Gordon Bunshaft de  
S.O.M., Banca  
Lambert, Bruselas,  
1965. El perímetro  
estructural de piezas  
prefabricadas actúa  
como parasol.  
Bajo estas líneas,  
planta tipo.



E: 1/40



Sección constructiva  
de la Banca Lambert.  
Las uniones de este  
enrejado prefabricado  
no se sitúan en los  
cruces de pilares y  
vigas sino en sus  
puntos medios,  
resultando un  
sistema articulado  
pero estable. Además  
estas piezas  
prefabricadas servían  
de encofrado perdido  
en el apoyo de las  
losas de forjado.

Está claro que el hormigón prefabricado ha aportado soluciones interesantes a la construcción en altura, al principio a los elementos y poco a poco ha renovado todo el sistema arquitectónico.

Por un lado nos encontramos con la absoluta prefabricación del edificio y su resolución a través de un montaje elemental, la transformación drástica de los rangos de luces y la resolución de la forma con un número mínimo de piezas. Los nuevos tipos resuelven, además, algunos de los problemas fundamentales de la construcción con armazón de acero y muro cortina, proponiendo nuevas soluciones a la pared y a la organización de los sistemas energéticos. Las piezas pasaron de unos diseños primarios a elementos con un notable nivel técnico.

Poco a poco, la arquitectura del hormigón prefabricado iba encontrando sus propias soluciones, y de la nueva técnica surgían nuevos tipos.

Pero además nació un nuevo sistema plástico: la estructura, dada la envergadura de las piezas o el ritmo de los sistemas de nervios, tiene un papel tan predominante que en realidad prácticamente todo el diseño de la forma descansa en ella.

Resultan construcciones netamente diferenciadas, de una potencia y elementalidad que en la construcción metálica se va progresivamente perdiendo. La construcción con hormigón prefabricado resuelve muchos problemas en operaciones únicas. Es una arquitectura

sin revestimientos, en donde el lujo está en el acabado de la propia estructura.

Estos podrían ser los rasgos generales de la arquitectura que resultó del conjunto de experiencias comentadas. Lasdun, Ove Arup, Minoru Yamasaki y sobre todo Skidmore, Owings y Merrill fueron algunos de los arquitectos que centraron su trabajo en torno al nuevo material en los años setenta. Las soluciones de Gordon Bunshaft de SOM al edificio de oficinas resuelto en hormigón prefabricado son una clara expresión de este proceso. En ellas, como en la sede de la American Can (1970), se logran soluciones de una extrema sencillez y belleza.

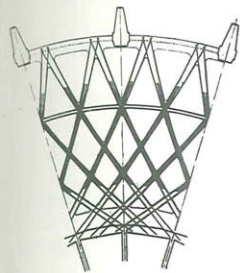
A través de los ejemplos comentados es patente que el hormigón prefabricado ha aportado nuevas soluciones a los principales tipos de edificios que hoy construimos, y que además estas soluciones han supuesto evoluciones determinantes para la arquitectura moderna, produciendo hermosas y eficientes arquitecturas.

Y por ello resulta tan chocante que a esta historia de hallazgos se la haya tragado la tierra.

Por un lado, la industria del hormigón ha centrado sus esfuerzos en objetivos bien distintos, y principalmente en la búsqueda de un sistema o mecanismo: se trataría de enfrentar cualquier tema de arquitectura con cuatro piezas de catálogo, a las que el diseño habría de plegarse. De hecho, tal ha ocurrido con la construcción de viviendas y de puentes de carretera.

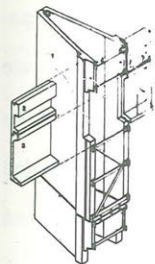


La posibilidad de fabricar piezas de grandes prestaciones –de secciones complejas y mínimos espesores–, unido al uso de hormigones de alta resistencia y técnicas de unión por tensado, convierten al hormigón prefabricado en un material técnico y ligero.



Harry Seidler y Pier Luigi Nervi, edificio Australia Square, Sidney, 1967.

Se consigue una solución monolítica al hormigonar el conjunto sobre el encofrado perdido que forman los elementos prefabricados.



Gordon Bunshaft de S.O.M., American Can Company, Greenwich Connecticut, 1970. Una arquitectura sin revestimientos en la que el lujo está en el acabado de la propia estructura.

Por otra parte, la arquitectura inició precisamente en aquellos años su particular proceso de autodestrucción: como la industria no respalda las nuevas propuestas, los arquitectos aceptan replegarse a los problemas epidérmicos. Al final, los propios arquitectos niegan aquellas últimas grandes obras nacidas de los ideales modernos y la propia integridad formal deja de ser un valor reconocido.

En fin, ahora mismo la técnica de la prefabricación es una más de las posibles, convive con otras técnicas generalmente relegada a aspectos parciales y, salvo excepciones, perdiendo el potencial renovador con que nació.

Pienso que tiene sin embargo un potencial mayor: es posible fabricar piezas de grandes prestaciones que se alejen de los simples diseños a los que hoy se asocia la prefabricación, diseños con los que nos alejamos del inconveniente de un peso excesivo. El montaje por tensado es fundamental en esta línea, ya que nos permite agotar el material en toda su sección, lo que unido a los hormigones de alta resistencia y a la disponibilidad de las técnicas de tensado (en Japón el gato de tensado es casi una herramienta habitual, algo así como el taladro eléctrico) convierten al hormigón prefabricado en un material técnico y ligero.

Los sistemas constructivos hoy más evolucionados tienen como características el empleo del acero, la búsqueda de la ligereza y la especialización de los elementos. Todo ello va generando

sus propios problemas, tales como la dependencia de los productos comerciales o una imparable estratificación de las construcciones.

A medida que estos problemas se manifiestan, el hormigón prefabricado puede ser un buen aliado en la búsqueda de una renovada sencillez. [T]

#### BIBLIOGRAFIA

- H. Wittfoht. *Puentes*. Gustavo Gili, Barcelona, 1975.
- Peter Arnell y Ted Bickford, ed. *Stirling, obras y proyectos*. Gustavo Gili, Barcelona 1985.
- Robert E. Fischer. *Engineering for Architecture*. Architectural Record Book- Mc Graw-Hill, New York.
- Tiamhér Koncz. *Manual de la construcción prefabricada*. Hermann Blume, Madrid 1975
- Enrico D. Bonna. *Angelo Mangiarotti: il processo del costruire*. Electa, Milán 1980.
- *Vision der Moderne*. Deutsches Architekturmuseum, Prestel-Verlag, Munich 1986
- Herman Hertzberger. *Lessons for students in architecture*, Uitgeverij 010 Pbl, Rotterdam, 1991.
- Carol Herselle Krinsky. *Gordon Bunshaft of Skidmore, Owins & Merrill*. The Architectural History Foundation y The MIT Press, 1988.
- M. Fengler. *Estructuras resistentes y elementos de fachadas*, Gustavo Gili, Barcelona, 1968.
- Harrel Hamilton, "Architectural Engineering" *Architectural Record*. pág 131, julio 1975.
- Romaldo Giurgola. *Louis I. Khan, obra completa*, Gustavo Gili, Barcelona 1980.
- Paolo Desider, Pier Luigi Nervi jr., Giuseppe Positano, *Pier Luigi Nervi*, Gustavo Gili, Barcelona 1981.

